

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
27 января 2022 (27.01.2022)



(10) Номер международной публикации
WO 2022/019798 A1

(51) Международная патентная классификация:
G21C 21/02 (2006.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2020/000390

(22) Дата международной подачи:
23 июля 2020 (23.07.2020)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(71) Заявитель: АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ТВЭЛ"
(JOINT-STOCK COMPANY "TVEL") [RU/RU]; Ка-
ширское шоссе, 49 Москва, 115409, Moscow (RU).

(72) Изобретатели: КАРПЮК, Леонид Александрович
(KARPYUK, Leonid Aleksandrovich); ул. Народно-
го Ополчения, д. 48, к. 1, кв. 46 Москва, 123598,
Moscow (RU). ЛЫСИКОВ, Александр Владимиро-
вич (LYSIKOV, Aleksandr Vladimirovich); ул. По-
кровская, д. 12, кв. 116 Москва, 111674, Moscow
(RU). МИХЕЕВ, Евгений Николаевич (MIKHIEEV,
Evgeniy Nikolaevich); ул. Космонавта Волкова, д. 7, кв.
78 Москва, 127299, Moscow (RU). МИССОРИН, Денис
Сергеевич (MISSORIN, Denis Sergeevich); Врачебный
проезд, д. 13, к. 1, кв. 33 Москва, 125367, Moscow (RU).
НОВИКОВ, Владимир Владимирович (NOVIKOV,
Vladimir Vladimirovich); ул. Твардовского, д. 12, к. 3,
кв. 614 Москва, 123458, Moscow (RU). СИВОВ, Роман
Борисович (SIVOV, Roman Borisovich); ул. Рогова, д.
12, к. 1, кв. 98 Москва, 123098, Moscow (RU). ШИ-
ПУНОВ, Николай Иванович (SHIPUNOV, Nikolay

Ivanovich); ул. Советский проспект, д. 106, кв. 84 Мос-
ковская обл., село Немчиновка, 143026, Moscow region,
Nemchinovka (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

— с отчётом о международной поиске (статья 21.3)

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING PELLETIZED FUEL FROM URANIUM-MOLYBDENUM POWDERS

(54) Название изобретения: СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТАБЛЕТИРОВАННОГО ТОПЛИВА ИЗ УРАН-МОЛИБДЕНОВЫХ ПОРОШКОВ

(57) Abstract: The invention relates to the nuclear industry and can be used for producing fuel pellets from uranium-molybdenum metal powders enriched to 7% uranium 235 for nuclear reactor fuel elements. The pellets are sintered in an inert atmosphere of argon at a temperature ranging from 1100°C to 1155°C, and the initial powder is a uranium-molybdenum powder having a fraction size of 160 µm and a molybdenum content of from 9.0 to 10.5 wt%. The powder is pre-heated at a temperature of 500°C for 10-20 hours (in an atmosphere of argon) and is subsequently cold pressed into pellets in a die under a force of up to 950 MPa. In an alternative embodiment for producing uranium-molybdenum pellets with a binder (plasticizer), the step of sintering is preceded by heating the pellets in an atmosphere of argon at from 300°C to 450°C for 2-4 hours to remove the binder. The invention makes it possible to increase the uranium intensity of the fuel, reduce the amount of heat buildup in a reactor core, and lower the amount of energy released in the event of abnormalities in the operation of a nuclear reactor, thus providing increased reactor safety and resilience to accidents.

(57) Реферат: Изобретение относится к атомной промышленности и может быть использовано при изготовлении топливных таблеток из уран-молибденовых металлических порошков обогащенных ураном 235 до 7% для тепловыделяющих элементов ядерных реакторов. Спекание таблеток осуществляют в инертной среде аргона в температурном диапазоне от 1100°C до 1155°C, а в качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с размером фракции 160 мкм с содержанием молибдена от 9,0 до 10,5 мас. %. При этом порошок предварительно нагревают при температуре 500°C в течение 10-20 часов (в среде аргона), с последующим холодным прессованием таблеток в матрице усилием до 950 МПа. По другому варианту при изготовлении уран-молибденовых таблеток со связующим веществом (пластификатором) перед спеканием таблетки нагревают в среде аргона от 300°C до 450°C в течение 2-4 часов для удаления связующего. Изобретение позволяет увеличить ураноемкость топлива, уменьшить количества тепла, накопленного в активной зоне ядерного реактора и снизить энерговыделения в случае нарушения нормальных условий эксплуатации ядерного реактора, что позволит повысить его безопасность и аварийную устойчивость.



WO 2022/019798 A1

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТАБЛЕТИРОВАННОГО ТОПЛИВА ИЗ
УРАН-МОЛИБДЕНОВЫХ ПОРОШКОВ

5 **ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ**

Изобретение относится к атомной промышленности и может быть использовано при изготовлении топливных таблеток из уран-молибденовых металлических порошков обогащенных ураном 235 до 7% для тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) ядерных реакторов.

10 **ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ**

Общеизвестная стандартная технология получения топливных таблеток при производстве керамического ядерного топлива из диоксида урана (обогащенного ураном 235 до 5%) включает: получение и подготовку пресс-порошка диоксида урана (в смеси со связующим), прессование таблеток в матрице, спекание таблеток в газообразной среде, сухое или мокрое шлифование таблеток, сушку и контроль таблеток на соответствие требованиям технических условий и чертежа, упаковку годной продукции, передачу ее на снаряжение ТВЭЛОВ ядерных реакторов (Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов. Под редакцией Ф.Г. Решетникова – М.: Энергоатомиздат, 1995г., книга 1, с.93 – с.106).

Известен способ получения уран-молибденового сплава U-9 мас.% молибдена при помощи холодного прессования с последующим спеканием [Eiss A.L. Kalish H.S. 3rd Nucl. Eng. And Sci. Conference, USA, Paper 178,1958]. В данном способе порошки урана и молибдена смешивали в течение 2 часов без добавления связующего вещества. После смешивания порошков урана и молибдена осуществляли прессование с получением брикетов длиной ~ 4,5 см и квадратным сечением 1,9 см на 1,9 см, в также брикетов цилиндрической формы. Спекание осуществляли в течение 4 часов в вакууме при температуре 1150°C. Металлографическая проверка

холоднопрессованных и спеченных образцов показала, что сплавляемые элементы полностью реагируют друг с другом. Плотность полученных таблеток составила 17,18 г/см³.

5 Недостатком данного способа является то, что в полученных таким способом образцах наблюдается неравномерное распределение молибдена по всему объёму и необходимость создания высокого давления при холодном прессовании смешанных порошков урана и молибдена.

10 Известен также способ изготовления керамических топливных таблеток для твэлов ядерного реактора, включающий: подготовку пресс-порошка диоксида урана в смеси со связующим, прессование таблеток в две стадии и их спекание (см. патент РФ № 2421834, МПК G21C 3/02, БИ №17 от 20.06.2011г.).

15 Недостатком данного способа является двух стадийность прессования таблеток из диоксида урана и использование пластификатора при приготовлении пресс-порошка.

20 Наиболее близким является способ изготовления керамических топливных таблеток для твэлов ядерного реактора (патент РФ № 2360308 МПК G21C 3/62, БИ №18 от 27.06.2009 г.), включающий: подготовку пресс-порошка диоксида урана, обогащенного ураном 235 до 1,6 - 5%, постадийное смешивание с сухим связующим (не содержащим металлы) и порошком закиси-окиси урана, прессование таблеток в матрице, термическое удаление связующего, спекание таблеток в газообразной восстановительной среде, мокрое шлифование таблеток алмазным кругом, сушку и отбраковку таблеток.

25 Недостатком способа является то, что способ требует значительных энергозатрат при прессовании, а также полученное топливо обладает меньшей ураноемкостью.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

30 Задачей изобретения является разработка способа изготовления таблетированного топлива из уран-молибденовых сплавов обогащенных по

урану 235 до 7% для тепловыделяющих элементов ядерных реакторов, при использовании которого повышается безопасность условий эксплуатации ядерного реактора и эффективность его работы.

5 Технический результат предлагаемого изобретения по первому и второму варианту направлен на получение уран-молибденовых таблеток обогащенных по урану 235 до 7% для твэлов ядерных реакторов, что приводит к увеличению ураноемкости топлива, уменьшению количества тепла, накопленного в активной зоне ядерного реактора и снижению энерговыделения в случае нарушения нормальных условий эксплуатации
10 ядерного реактора, что позволит повысить его безопасность и аварийную устойчивость.

Технический результат по первому варианту достигается в способе изготовления таблетированного топлива из уран-молибденовых порошков для тепловыделяющих элементов ядерного реактора, включающем
15 подготовку порошка, прессование таблеток в матрице, спекание их в газообразной среде, шлифование, сушку, отбраковку таблеток, причем спекание таблеток осуществляют в инертной среде, а в качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с обогащением по урану 235 до 7% и с содержанием молибдена от 9,0 до 10,5 мас.%.
20

Размер фракции уран- молибденового порошка составляет не более 160 мкм. Перед прессованием таблеток в матрице уран-молибденовый порошок нагревают в среде аргона при температуре 500°C в течение 10-20 часов. Прессование таблеток в матрице осуществляют усилием до 950 МПа
25 Спекание таблеток проводят в среде аргона при температуре 1100°C - 1155°C в течение 4-12 часов.

Технический результат по второму варианту достигается в способе изготовления таблетированного топлива из уран-молибденовых порошков для тепловыделяющих элементов ядерного реактора, включающем
30 подготовку порошка, постадийное смешивание со связующим, прессование таблеток в матрице, термическое удаление связующего, спекание таблеток в

газообразной среде, шлифование, сушку, отбраковку таблеток, причем спекание таблеток осуществляют в инертной среде, а в качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с обогащением по урану 235 до 7% и с содержанием молибдена от 9,0 до 10,5 мас.%.
5

- Размер фракции уран- молибденового порошка составляет не более 160 мкм. Прессование таблеток в матрице осуществляют усилием до 950 МПа. Термическое удаление связующего осуществляют путем нагревания таблеток в среде аргона при температуре от 300°C до 450°C в течение 2-4 часов. Спекание таблеток проводят в среде аргона при температуре 1100°C - 1155°C
10 в течение 4- 12 часов.

Такая технология получения таблетированного топлива из уран-молибденовых металлических порошков для ТВЭЛов ядерных реакторов, позволяет получать уран-молибденовые таблетки с обогащением по урану 235 до 7%, содержанием молибдена от 9,0 до 10,5 мас.% и с плотностью
15 таблеток не ниже 15,7 г/см³ (более 90 % от теоретической плотности). Эффективность работы ядерного реактора с топливом из уран-молибденовых таблеток повышается вследствие повышенной теплопроводности уран-молибденового топлива по сравнению с применяемым топливом из диоксида урана и использование более низкого обогащения по урану 235 , так как
20 плотность уран-молибденовых таблеток в 1,5 раза больше плотности таблеток из диоксида урана. Повышенная по массе урана загрузка топлива в ядерный реактор вследствие более высокой плотности уран-молибденового сплава (от 9,0 до 10,5 мас.%) по сравнению с плотностью диоксида урана позволяет увеличить продолжительность цикла работы ТВС в реакторе без
25 необходимости увеличения обогащения топлива. Плотность диоксида урана по урану составляет 9,7 г/см³ , а плотность уран-молибденового сплава (от 9,0 до 10,5 мас.%) по урану составляет ~ 15,75 г/см³. Таким образом, при одинаковой загрузке уран-молибденового топлива в реактор количество делящего компонента возрастает и составляет ~ 60%.

Известно [В.В. Калашников, В.В. Титов, Г.Я. Сергеев, А.Г. Самойлов. Уран-молибденовые сплавы в реактростроении, журнал, Атомная энергия, том 5, выпуск 4, октябрь 1958г., с.422], что при отпуске γ -сплава U-Mo в температурном интервале 350-550°C происходит превращение γ -фазы в
5 эвтектоидную смесь α -урана и интерметаллида U_2Mo (γ' -фаза). Однако этот процесс протекает медленно. При выдержке исходного порошка в вакууме в течение от 10 до 20 часов при температуре 500 °C происходит частичное разделение фаз с получением γ -фазы, эвтектоидной смеси α -фазы и γ' - фазы. Использование порошка, представляющего собой эвтектоидную смесь фаз,
10 позволяет получать прочные «сырые» таблетки при меньших усилиях прессования (до 950 МПа). Последующее спекание таких прессовок (таблеток) при температуре выше 1100°C сопровождается обратным полным переходом эвтектоида в γ -состояние.

Оптимальный результат достигается при выдержке, исходного
15 металлического порошка уран-молибдена с содержанием молибдена от 9,0 до 10,5 мас.%, в инертной газовой среде при температуре 500 °C в течение от 10 до 20 часов, за счет того, что исходный металлический порошок уран-молибдена в виде γ -фазы подвергается частичному разделению фаз до γ -фазы, эвтектоидной смеси α -фазы и γ' - фазы, все это позволяет получать
20 прочные «сырые» таблетки при усилиях прессования до 950 МПа.

Снижение содержания молибдена в исходном уран-молибденовом порошке менее 9,0 мас.% приводит к повышенной плотности спеченных уран-молибденовых таблеток (до 19,05 г/см³ при нулевом содержание молибдена), а повышение содержания молибдена в исходном уран-
25 молибденовом порошке более 10,5 мас.%, приводит к снижению плотности таблеток, что не допускается техническими требованиями на изготовление таблетированного топлива для ядерных реакторов.

Повышение температуры спекания выше 1155°C приводит к расплавлению уран-молибденовой таблетки, а температура менее 1100°C не

позволяет получить таблетку без внутренних пор. При этом плотность таблетки остается низкой и составляет всего 13-14 г/см³.

Наилучшие результаты достигнуты на уран-молибденовых таблетках с содержанием молибдена от 9,0 до 10,5 мас.% при температуре спекания(в инертной газовой среде) от 1100°С до 1155 °С в течение от 4 до 12 часов.

Разработанный способ позволяет получить γ -фазу из уран-молибденовых порошков для твэлов ядерных реакторов, при этом молибден является основным легирующим элементом, способствующим сохранению γ -фазы урана во всей области рабочих температур твэла. Молибден не только модифицирует кинетику фазовых превращений для получения беспорядочно ориентированной мелкозернистой структуры, но и стабилизирует γ -фазу урана, вследствие этого повышается эффективность работы твэла.

Вследствие того, что теплопроводность уран-молибденового топлива выше, чем у топлива из диоксида урана, все это позволяет уменьшить количество накопленного в активной зоне реактора тепла и, тем самым снизить энерговыделение в случае нарушения нормальных условий эксплуатации ядерного реактора, повысив его безопасность и соответственно устойчивость к аварийным ситуациям.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Ниже приведены примеры реализации предлагаемого способа изготовления уран-молибденовых топливных таблеток.

Пример 1(по первому варианту исполнения). В качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с содержанием молибдена в сплаве 9,0 мас. %, полученный методом центробежного распыления из слитка этого же сплава, с обогащением по урану 235 до 7%. Центробежное распыление уран-молибденового слитка с содержанием молибдена в сплаве 9,0 мас. % позволяет получить равномерное содержание молибдена в исходном порошке. Порошок просеивают через сито с размером ячейки 160 мкм. Просеянный порошок уран-молибдена с содержанием

молибдена 9,0 мас.% нагревают при температуре 500°С в течение 20 часов в вакуумной печи СШВЭ с вертикальной загрузкой (в среде аргона). Полученный порошок прессуют в цилиндрической матрице при давлении прессования 750 МПа без добавления связующего (пластификатора).

- 5 Таблетки спекают в среде аргона (при содержании воды не более 80 ppm) при температуре $(1125^{+10/-5})$ °С при изотермической выдержке 4 часа в печи СШВЭ (или XERION XVAC-2200). Нагрев до изотермической выдержки осуществляют в потоке аргона 1 л/мин со скоростью нагрева не более 5 °С/мин с последующим охлаждением в статической атмосфере аргона со
- 10 скоростью охлаждения (15-20) °С/мин. После этого проводят шлифование, сушку и отбраковку таблеток на соответствие техническим требованиям.

Пример 2(по первому варианту исполнения). В качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с содержанием молибдена в сплаве 10,5 мас. %, полученный методом центробежного

15 распыления из слитка этого же сплава, с обогащением по урану 235 до 7% . Центробежное распыление уран-молибденового слитка с содержанием молибдена в сплаве 10,5 мас. % позволяет получить равномерное содержание молибдена в исходном порошке. Порошок просеивают через сито с размером

20 ячейки 160 мкм. Просеянный уран-молибденовый порошок с содержанием молибдена 10,25 мас.% выдерживают при температуре 500°С в течение 10 часов в вакуумной печи СШВЭ с вертикальной загрузкой (в среде аргона). Полученный порошок прессуют в цилиндрической матрице при давлении

25 прессования 950 МПа без добавления связующего (пластификатора). Таблетки спекают в среде аргона (при содержании воды не более 80 ppm) при температуре $(1125^{+10/-5})$ °С при изотермической выдержке 12 часов в печи СШВЭ (или XERION XVAC-2200). Нагрев до изотермической выдержки осуществляют в потоке аргона 1 л/мин со скоростью нагрева не более 5 °С/мин с последующим охлаждением в статической атмосфере аргона со скоростью охлаждения (15-20) °С/мин. После этого проводят

шлифование, сушку и отбраковку таблеток на соответствие техническим требованиям.

Пример 3 (по второму варианту исполнения). В качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с содержанием молибдена в сплавe 9,0 мас. %, полученный методом центробежного распыления из слитка этого же сплава, с обогащением по урану 235 до 7% и просеянный через сито с размером ячейки 160 мкм. Центробежное распыление уран-молибденового слитка с содержанием молибдена в сплавe 9,0 мас. % позволяет получить равномерное содержание молибдена в исходном порошке. В качестве пластификатора (связующего вещества) используют 8% водный раствор поливинилового спирта с 1% глицерина (3% от массы от массы уран-молибденового сплава). Смешивание проводят в три стадии. На первой стадии смешивают все количество связующего и порошок уран-молибденового сплава в количестве до 10 мас. % до получения однородной смеси. На второй стадии полученную смесь смешивают с порошком уран-молибденового сплава в количестве до 40 мас. % до получения однородной смеси. На третьей стадии в смесь, полученную на второй стадии, вводят оставшееся количество порошка уран-молибденового сплава и смешивают до получения однородной смеси. Смешивание порошка проводят в смесителе типа «Турбула» в течение 20-30 минут. Подготовленный порошок прессуют в цилиндрической матрице при давлении прессования 850 МПа. Перед спеканием таблетки нагревают в атмосфере аргона при температуре от 300°C до 450°C в течение 4 часов для удаления связки. Таблетки спекают в среде аргона (с содержанием воды не более 80 ppm) при температуре $(1125^{+10/-5})$ °C, при изотермической выдержке порядка 4 часа в печи СШВЭ с вертикальной загрузкой. Нагрев до изотермической выдержки осуществляют в потоке аргона 1 л/мин со скоростью нагрева не более 5 °C/мин с охлаждением в статической атмосфере аргона со скоростью охлаждения (15-20) °C/мин. После этого проводят шлифование, сушку и отбраковку таблеток не соответствующих техническим требованиям.

Пример 4(по второму варианту исполнения). В качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с содержанием молибдена в сплаве 10,5 мас. %, полученный методом центробежного распыления из слитка этого же сплава, с обогащением по урану 235 до 7% и просеянный
5 через сито с размером ячейки 160 мкм. Центробежное распыление уран-молибденового слитка с содержанием молибдена в сплаве 10,5 мас. % позволяет получить равномерное содержание молибдена в исходном порошке. В качестве пластификатора (связующего вещества) используют 8% водный раствор поливинилового спирта с 1% глицерина (3% от массы от
10 массы уран-молибденового сплава). Смешивание проводят в три стадии. На первой стадии смешивают все количество связующего и порошок уран-молибденового сплава в количестве до 10 мас. % до получения однородной смеси. На второй стадии полученную смесь смешивают с порошком уран-молибденового сплава в количестве до 40 мас. % до получения однородной
15 смеси. На третьей стадии в смесь, полученную на второй стадии, вводят оставшееся количество порошка уран-молибденового сплава и смешивают до получения однородной смеси. Смешивание порошка проводят в смесителе типа «Турбула» в течение 20-30 минут. Подготовленный порошок прессуют в цилиндрической матрице при давлении прессования 950 МПа.
20 Перед спеканием таблетки нагревают в среде аргона при температуре от 300°C до 450°C в течение 2 часов для удаления связки. Таблетки спекают в среде аргона (с содержанием воды не более 80 ppm) при температуре (1125^{+10/-5}) °C при изотермической выдержке порядка 12 часов в печи СШВЭ с вертикальной загрузкой. Нагрев до изотермической выдержки
25 осуществляют в потоке аргона 1 л/мин со скоростью нагрева не более 5 °C/мин с охлаждением в статической атмосфере аргона со скоростью охлаждения (15-20) °C/мин. После этого проводят шлифование, сушку и отбраковку таблеток не соответствующих техническим требованиям.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ

На Фиг.1 представлены уран-молибденовые таблетки после спекания и механической обработки.

5 Таким образом, предлагаемый способ, по сравнению с ранее известными, позволяет получать топливные таблетки из уран-молибденовых порошков, с обогащением по урану 235 до 7% и с содержанием молибдена от 9,0 до 10.5 мас.% для тепловыделяющих элементов ядерных реакторов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

10

15

20

25

30

Формула изобретения

1. Способ изготовления таблетированного топлива из уран-молибденовых порошков для тепловыделяющих элементов ядерного реактора, включающий подготовку порошка, прессование таблеток в матрице, спекание их в газообразной среде, шлифование, сушку, отбраковку таблеток, отличающийся тем, что спекание таблеток осуществляют в инертной среде, а в качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с обогащением по урану 235 до 7% и с содержанием молибдена от 9,0 до 10,5 мас.%.
5
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что размер фракции уран-молибденового порошка составляет не более 160 мкм.
10
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что перед прессованием таблеток в матрице уран-молибденовый порошок нагревают в среде аргона при температуре 500°C в течение 10-20 часов.
4. Способ по п.1, отличающийся тем, что прессование таблеток в матрице осуществляют усилием до 950 МПа
15
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что спекание таблеток проводят в среде аргона при температуре 1100°C - 1155°C в течение 4-12 часов.
6. Способ изготовления таблетированного топлива из уран-молибденовых порошков для тепловыделяющих элементов ядерного реактора, включающий подготовку порошка, постадийное смешивание со связующим, прессование таблеток в матрице, термическое удаление связующего, спекание таблеток в газообразной среде, шлифование, сушку, отбраковку таблеток, отличающийся тем, что спекание таблеток осуществляют в инертной среде, а в качестве исходного порошка используют уран-молибденовый порошок с обогащением по урану 235 до 7% и с содержанием молибдена от 9,0 до 10,5 мас.%.
20
7. Способ по п.6, отличающийся тем, что размер фракции уран-молибденового порошка составляет не более 160 мкм.
25

8.Способ по п.6, отличающийся тем, что прессование таблеток в матрице осуществляют усилием до 950 МПа

9.Способ по п.6, отличающийся тем, что термическое удаление связующего осуществляют путем нагревания таблеток в среде аргона при температуре от 300°C до 450°C в течение 2-4 часов.

10.Способ по п.6, отличающийся тем, что спекание таблеток проводят в среде аргона при температуре 1100°C - 1155°C в течение 4- 12 часов.

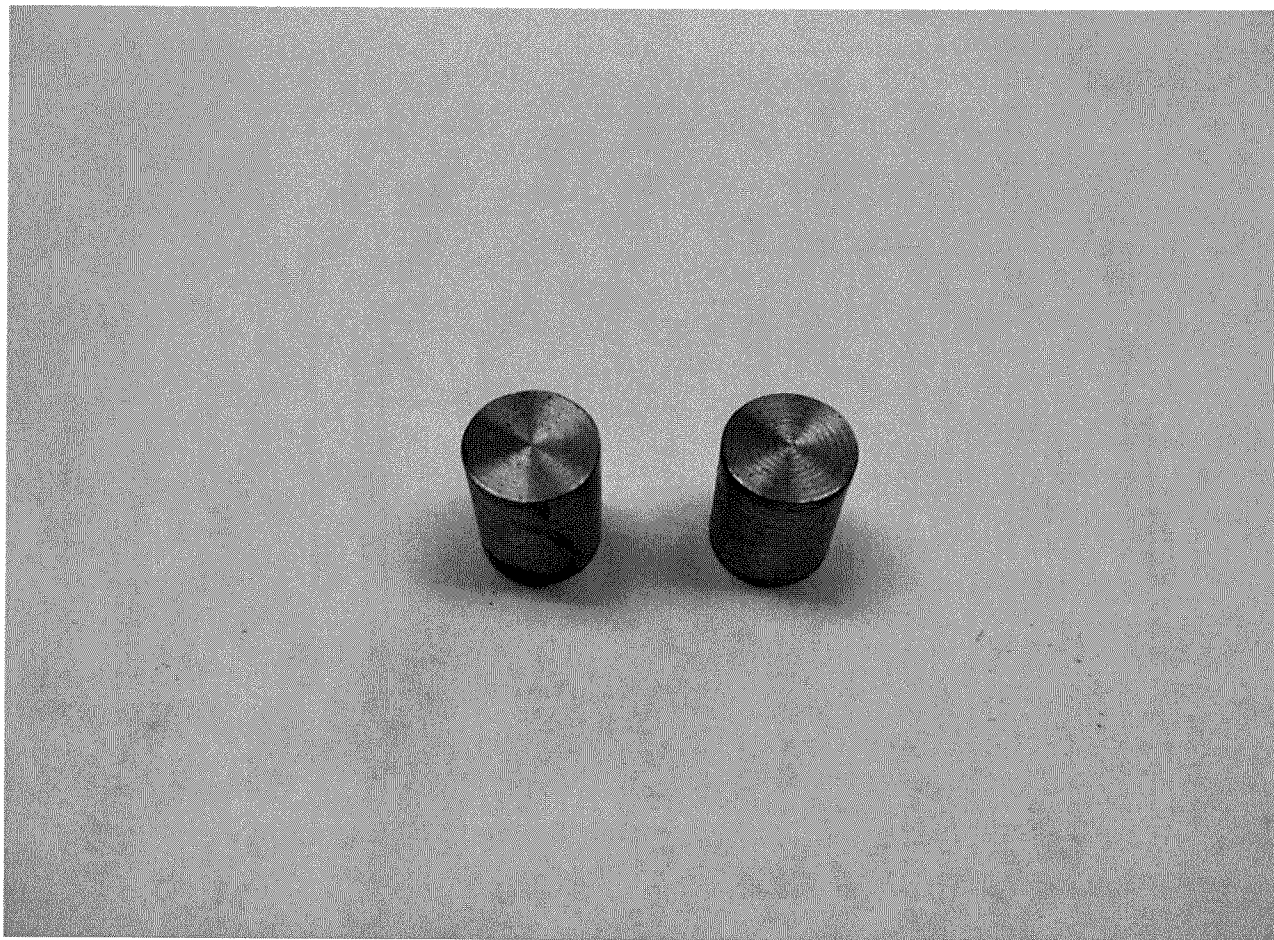
10

15

20

25

30



Фиг.1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2020/000390

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G21C 21/02 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G21C 21/02, 21/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, Information Retrieval System of FIPS		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A, D	RU 2360308 C1 (OTKRYTOE AKTSIONERNOE OBSHESTVO "NOVOSIBIRSKY ZAVOD KHIMKONTSENTRATOV ") 27.06.2009, p. 3, lines 52-53, p. 4, lines 1-6, the claims	1-10
A, D	RU 2421834 C1 (ROSSYSKAYA FEDERATSIYA (RF), OT IMENI KOTOROI VYSTUPAET MINISTERSTVO OBRAZOVANIYA I NAUKI ROSSYSKOI FEDERATSII (MINOBRNAUKI ROSSII) et al.) 20.06.2011	1-10
A	FR 3012127 B1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 28.10.2016	1-10
A	US 4985183 A (MITSUBISHI METAL CORPORATION) 15.01.1991	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 23 December 2020 (23.12.2020)		Date of mailing of the international search report 18 February 2021 (18.02.2021)
Name and mailing address of the ISA/ RU Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2020/000390

<p>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>G21C 21/02 (2006.01)</i></p> <p>Согласно Международной патентной классификации МПК</p>																	
<p>B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) G21C 21/02, 21/00</p> <p>Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки</p> <p>Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, Information Retrieval System of FIPS</p>																	
<p>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Категория*</th> <th>Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей</th> <th>Относится к пункту №</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A, D</td> <td>RU 2360308 C1 (ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НОВОСИБИРСКИЙ ЗАВОД ХИМКОНЦЕНТРАТОВ") 27.06.2009, с. 3, строки 52-53, с. 4, строки 1-6, формула</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A, D</td> <td>RU 2421834 C1 (РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (РФ), ОТ ИМЕНИ КОТОРОЙ ВЫСТУПАЕТ МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ) и др.) 20.06.2011</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>FR 3012127 B1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 28.10.2016</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 4985183 A (MITSUBISHI METAL CORPORATION) 15.01.1991</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	A, D	RU 2360308 C1 (ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НОВОСИБИРСКИЙ ЗАВОД ХИМКОНЦЕНТРАТОВ") 27.06.2009, с. 3, строки 52-53, с. 4, строки 1-6, формула	1-10	A, D	RU 2421834 C1 (РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (РФ), ОТ ИМЕНИ КОТОРОЙ ВЫСТУПАЕТ МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ) и др.) 20.06.2011	1-10	A	FR 3012127 B1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 28.10.2016	1-10	A	US 4985183 A (MITSUBISHI METAL CORPORATION) 15.01.1991	1-10
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №															
A, D	RU 2360308 C1 (ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НОВОСИБИРСКИЙ ЗАВОД ХИМКОНЦЕНТРАТОВ") 27.06.2009, с. 3, строки 52-53, с. 4, строки 1-6, формула	1-10															
A, D	RU 2421834 C1 (РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (РФ), ОТ ИМЕНИ КОТОРОЙ ВЫСТУПАЕТ МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ РОССИИ) и др.) 20.06.2011	1-10															
A	FR 3012127 B1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 28.10.2016	1-10															
A	US 4985183 A (MITSUBISHI METAL CORPORATION) 15.01.1991	1-10															
<p><input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении</p>																	
<table border="0"> <tr> <td>* Особые категории ссылочных документов:</td> <td>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</td> </tr> <tr> <td>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</td> <td>“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</td> </tr> <tr> <td>“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке</td> <td>“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</td> </tr> <tr> <td>“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</td> <td>“&” документ, являющийся патентом-аналогом</td> </tr> <tr> <td>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</td> <td></td> </tr> </table>			* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение	“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности	“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста	“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“&” документ, являющийся патентом-аналогом	“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)		“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.		“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета		
* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение																
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности																
“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста																
“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“&” документ, являющийся патентом-аналогом																
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)																	
“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.																	
“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета																	
Дата действительного завершения международного поиска	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске																
23 декабря 2020 (23.12.2020)	18 февраля 2021 (18.02.2021)																
Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП-3, Россия, 125993 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37	Уполномоченное лицо: Иваненко Т.В. Телефон № (495) 531-64-81																